

# [RCG] Revista Catalana de Geografia

Revista digital de geografia, cartografia i ciències de la Terra

[Inici](#) > [Articles](#) > Posibilidades de los...

[Pàgina principal](#)

[Imprimir](#)

[Enviar per e-mail](#)

[Descàrrega en PDF](#)

[Comentarís \(0\)](#)

**Autor/s:** de Cos Guerra, O.  
Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio. Universidad de Cantabria

**Títol:** Posibilidades de los SIG en el tratamiento de la cartografía digital: Acceso a recursos libres

**Temàtica:** Cartografia històrica

**Publicat a:** Revista Catalana de Geografia  
IV època / volum XVII / núm. 46 / octubre 2012

**Font:** V Ibercarto. Santander, octubre 2012

**URL:** <http://www.rcg.cat/articles.php?id=247>

## **POSIBILIDADES DE LOS SIG EN EL TRATAMIENTO DE LA CARTOGRAFÍA DIGITAL: ACCESO A RECURSOS LIBRES**

Olga de Cos Guerra

Universidad de Cantabria. Departamento de Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio

### **1. Introducción: la cartografía digital como elemento fundamental del subsistema de datos de los SIG**

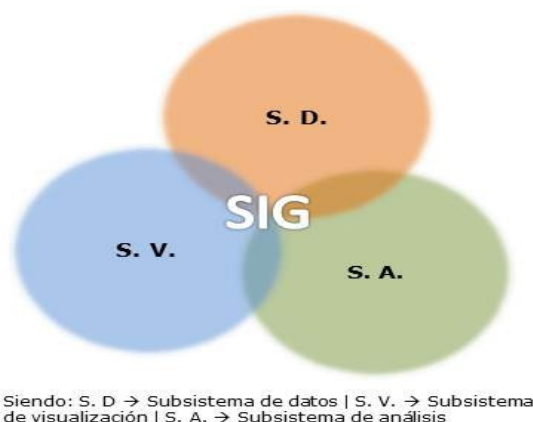
De forma general y simplificadora un SIG puede interpretarse como un conjunto de datos de partida y una serie de operadores o funciones analíticas que actúan sobre los mismos para obtener resultados concretos. Con ello constituyen una herramienta que, orientada a fines específicos, implica el tratamiento de información geográfica en soporte digital.

Extendido su uso en diferentes campos disciplinares, con independencia de su aplicación a casos de estudio concretos, destaca un amplio conjunto de usuarios SIG que explotan su funcionalidad, llegando a utilizarlos como una herramienta para apoyar o argumentar sólidamente la toma de decisiones espaciales. Así, se han llegado a plantear incluso términos derivados, tales como SADE- *Sistema de Apoyo para la Toma de Decisiones Espaciales* (Moreno, 1999), especialmente interesantes por su potencial para resolver problemas espaciales poco definidos, en los que con frecuencia intervienen múltiples variables.

El papel integrado e integrador de los SIG alcanza una representación clara en la diversidad de disciplinas implicadas que tienen en los SIG un punto de encuentro, tales como (Olaya, 2011: 11-12): las relacionadas con la tecnología y el manejo de información, las dedicadas al estudio de la Tierra desde un punto de vista físico, las dedicadas al estudio de la Tierra desde un punto de vista humano, las disciplinas dedicadas al estudio del entendimiento humano y aquellas dedicadas a la integración de conocimientos procedentes de distintos ámbitos.

Reconocida la identificación de los SIG como un sistema informático integrado, a pesar de que con frecuencia suele existir la tendencia a identificar los SIG como un software concreto, en realidad se establecen desde sus primeras bases teóricas y metodológicas cuatro componentes básicos (Gutiérrez y Gould, 1994), todos ellos indispensables y fundamentales para que el sistema en su conjunto esté operativo, tales son: *hardware* o componente físico, *software* o componente lógico, datos y personal cualificado, a los que se unen una serie de procedimientos computarizados, que permiten y facilitan la captura, el análisis, la gestión y la representación de los datos espaciales.

En relación con los componentes señalados, algunos autores como V. Olaya (2011: 15) han establecido una nueva organización basada en subsistemas, a partir de la cual es posible avanzar y sistematizar aún más el conocimiento de los sistemas integrados que representan los SIG en la actualidad. Esta visión generalista permite identificar en los SIG tres subsistemas principales: datos, análisis y visualización (Fig. 1).



**Figura 1. Subsistemas integradores de los SIG.**

Fuente: OLAYA, V. (2011: 15): Sistemas de Información Geográfica. Re-elaboración propia.

Los tres componentes integrados hacen posible el trabajo mediante SIG; si bien, el papel o enfoque con el que cada uno de ellos se aborda en el presente trabajo es diferente. Así, el *subsistema de datos*, encargado tanto de los inputs como de los outputs supone la pieza clave. Los SIG son demandantes y a la vez herramienta de generación de datos e información geográfica digital, que cuentan tanto con una componente espacial como temática.

Teniendo en consideración que el subsistema de datos comprende -en su visión de entrada- la materia prima imprescindible para la producción SIG, es posible plantear dos subsistemas complementarios orientados tanto a la visualización y representación cartográfica, con herramientas de edición y diseño avanzadas, como al análisis de los datos de entrada, basado en procedimientos y métodos que derivan nuevas capas o variables, las cuales a su vez podrían constituir entradas en análisis posteriores, evocando así la teoría de Tomlin (1983) sobre el símil de los modelos cartográficos con el lenguaje convencional sostenido en verbos y nombres sujeto y objeto, pudiendo ser los segundos a su vez nombres sujetos en una operación posterior; esto es, capa de entrada (nombre sujeto) - operación SIG (verbo) - capa resultante (nombre objeto), que equivale de nuevo a nombre sujeto en caso de encadenarse a continuación una nueva operación espacial (verbo).

## 2. SIG libres y cartografía digital distribuida vía Web, un binomio sinérgico

El proceso de globalización de la cartografía digital se ha visto favorecido por el desarrollo paralelo de programas SIG libres, algunos incluso de código abierto, que han ido perfeccionando sus prestaciones a través de sucesivas versiones y actualizaciones que hacen que hoy en día se pueda encontrar en ellos un amplio potencial para trabajar en los subsistemas de análisis y visualización. Su capacidad para inter-operar con software comercial y su facilidad de acceso hace que sean muchos los usuarios que pueden optar por desarrollar su trabajo SIG a partir de este tipo de herramientas.

Es importante tener que cuenta que la puesta en marcha de proyectos SIG con frecuencia se encuentra condicionada por las capacidades, potencial e *interface* del programa con el que se trabaje; por ello, hay trabajos específicos en los que se razona cómo antes del desarrollo de una determinada investigación es necesario realizar una evaluación comparativa de distintos programas SIG hasta decidir cuál de ellos es el más adecuado (Gilavert y Puig, 2008).

En el panorama actual del software SIG libre destaca el programa GvSIG, que además cuenta con código abierto. Comenzó a desarrollarse en el año 2004 en la Conselleria de Infraestructuras y Transporte de la Comunitat Valenciana. A partir de ese momento se pone en marcha un potente proyecto de desarrollo de software-SIG basado en la cooperación y en la cesión de conocimientos que, con un núcleo importante de trabajo integrado por una veintena de profesionales, a los que

acompañan desarrolladores y usuarios, ha dado como producto un elevado número de versiones - con potencialidad progresiva- hasta su última versión oficial "1.11" en el momento de realizar este trabajo, disponible para el conjunto de usuarios desde abril de 2011 en la Web

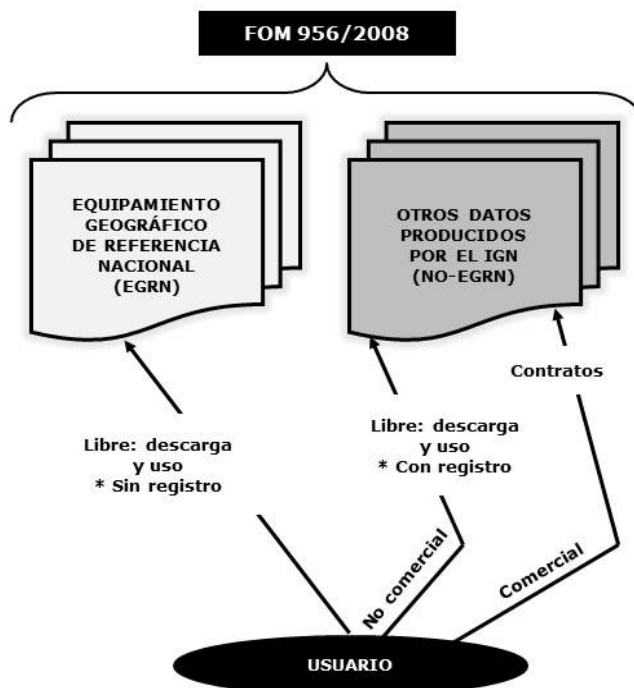
<http://www.gvsig.org/>. Se trata de un programa disponible en varios idiomas, que cuenta con una amplia comunidad de usuarios y entre sus ventajas se encuentra la posibilidad de trabajar tanto con datos modelados en raster como en vectorial, a la vez que es capaz de trabajar con archivos de datos en local así como mediante conexiones remotas.

Con este tipo de soluciones se salva una posible limitación -vinculada a la disponibilidad de software SIG- con que pudieran contar los usuarios con perfil técnico para la utilización y tratamiento de cartografía digital. El segundo nivel, que hace referencia al propio acceso a cartografía de base en soporte digital, también encuentra una circunstancia favorable en la difusión de cartografía digital vía Web a partir de organismos productores específicos de reconocido prestigio, como el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

En relación al acceso a la información geográfica cobra especial relevancia en la comunidad de usuarios SIG la Orden FOM/956/2008, por la que se aprueba la política de difusión pública de la información geográfica generada por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

Esta orden surge "*...con objeto de adaptar los procesos de difusión, distribución y comercialización de la información geoespacial generada por el Instituto Geográfico Nacional a los objetivos de las referidas normas [como la Directiva INSPIRE, entre otras], se hace necesario establecer el marco regulador de su política de datos, previo informe de los miembros de la Comisión Permanente del Consejo Superior Geográfico*" (BOE - Nº 85, Martes 8 abril 2008: 19.139).

Los productos del IGN en la política de distribución son tratados de forma distinta según pertenezcan, o no, al EGRN - *Equipamiento Geográfico de Referencia Nacional*<sup>1</sup>. Así, la información geográfica perteneciente a ese grupo de equipamiento geográfico de referencia tiene un sistema de distribución libre, desde el Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).



**Figura 2. Modelo de política de distribución planteado en FOM 956/2008.**

Fuente: BOE, Boletín Oficial del Estado. Núm. 85, Martes 8 abril 2008. Orden FOM/956/2008, de 31 de marzo, por la que se aprueba la política de difusión pública de la información geográfica generada por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional. Elaboración propia.

### 3. Los usuarios SIG de cartografía digital, como agentes en la generación de productos derivados

Buena parte de la expansión del uso de los SIG radica en el atractivo de las ventajas que ofrecen

ligadas a su amplia funcionalidad, aun considerando que, en parte, su potencial podría estar condicionado por diferentes factores, tales como: las prestaciones del programa con que se trabaje, los conocimientos y destrezas del usuario, la calidad de los datos, las capacidades del equipo informático, etc. En suma, todos y cada uno de los componentes del sistema actúan como condicionantes del rendimiento y funcionalidad que se puede obtener de un SIG (Moreno, 2007).

Una de las funciones más empleada es la que hace referencia a la entrada de datos. Así, con frecuencia se recurre a estos sistemas para visualizar y capturar datos de diferentes tipos. Los diferentes programas SIG se encuentran preparados para permitir y facilitar los procesos de entrada de datos que con frecuencia se concentran en las fases iniciales de trabajo de un proyecto SIG.

Vinculadas a la entrada de datos, destacan las funciones de edición, integración y geoprocésamiento de los datos iniciales. Es habitual que el uso de una base cartográfica exija tratamientos variados, tales como: recorte, agregación, filtrado, reproyección, etc. Todas ellas operaciones que pueden realizarse desde el propio sistema.

Una vez que los datos están organizados y preparados, entran en juego los procedimientos de gestión de la información espacial. Aquí se encuentra un importante potencial de los SIG, que incorporan funcionalidad orientada a la recuperación de la información almacenada a partir de búsquedas, filtros y consultas espaciales y temáticas que permiten al usuario obtener respuestas en tiempo real.

Otra de las ventajosas funciones generalizadas en los programas SIG es la que hace referencia a la edición final y la generación de productos derivados para su impresión o visualización. En esta función se enmarcan los procedimientos y herramientas de edición cartográfica final, visiones en 3-D, vuelos virtuales, etc.

Finalmente, y vinculado al enfoque centrado en el usuario SIG como agente generador de productos cartográficos derivados, los SIG incluyen un amplio elenco de funciones de análisis espacial. Es complicado abordar todo el potencial analítico de los SIG en el presente trabajo, como también es diverso el enfoque con el que se podrían organizar las funciones SIG (temática, número de capas, modelo de datos, etc.) por lo que a continuación se señalarán únicamente alguna de las operaciones más extendidas a modo de ejemplo con el fin de dejar abierta una reflexión a la infinidad de salidas cartográficas y de nuevas variables (capas) que se derivan de la disponibilidad conjunta de cartografía digital de base y de un programa SIG.

### ***3.1. Operaciones espaciales a partir de Modelos Digitales de Elevaciones (MDE)***

La demanda de cartografía de base relativa a altitudes, tales como curvas de nivel o puntos de cota con frecuencia está justificada por el objetivo orientado a la generación de un MDE que a su vez abre un amplio abanico de oportunidades para derivar nuevas capas que, basadas en modelos de cálculo diversos, permiten describir y analizar la configuración del relieve.

Entre este tipo de operaciones posibles la más extendida es el análisis de la pendiente, al que se une con frecuencia el estudio de las orientaciones. Asimismo, la variable altitudinal como capa de entrada resulta imprescindible en los análisis de visibilidad, con sus variantes inter-visibilidad e impacto visual, y en el estudio del drenaje.



**Figura 3. Ejemplo de visualización 3D desde GvSIG**

Fuente: IGN, Modelo Digital del Terreno (25). H-35. En: CNIG - Centro de Descargas y Conexión WMS Ortofoto PNOA máxima actualidad (IGN - Ministerio de Fomento). Elaboración propia.

### *3.1.1. Análisis de pendientes*

Las pendientes derivadas mediante análisis SIG raster consisten en una adaptación del cálculo conocido de la pendiente por métodos convencionales. La pendiente, entendida como el desnivel altitudinal entre dos puntos en relación a la distancia que los separa, en su adaptación al cálculo SIG parte de registrar la variación de altitud entre dos puntos -que en este caso son los centroides de pixel-, en relación a la distancia que los separa, que se identifica como la distancia entre esos centroides. El análisis de la pendiente en un SIG es una operación de vecindad inmediata y capa única.

En el cálculo de la pendiente de cada celda de un MDE de partida intervienen los desniveles altitudinales entre la celda de referencia y sus vecinas, por el lado o bien por el lado y el vértice. De los cuatro o, en su caso, ocho cálculos de pendientes entre cada celda y sus vecinas el mapa de pendientes resultante asume en cada celda un único valor que puede ser asignado en función de diferentes métodos, entre los que destaca el de la "máxima pendiente" según el cual en el mapa resultante se muestra únicamente el máximo valor de pendiente obtenido tras los cálculos detallados de vecindad inmediata. El resultado podría expresarse en diferentes unidades, siendo las más utilizadas grados (ángulo formado entre el plano inclinado y horizontal) y porcentaje.

### *3.1.2. Análisis de orientaciones*

Como orientación se identifica la dirección que toma cada una de las celdas, consideradas planos inclinados. Inicialmente, la orientación a partir de la rosa de los vientos se puede expresar en términos cualitativos o bien cuantitativos. En el caso de los mapas de orientaciones generados con un SIG los valores de orientaciones se expresan de forma numérica, en grados azimuth (360° a partir del Norte que es 0°). En grados, la correspondencia del rango numérico con la interpretación cualitativa es la siguiente: 45° - Noreste, 90° - Este, 135° - Sureste, 180° - Sur, 225° - Suroeste, 270° - Oeste, 315° - Noroeste y, finalmente, 360° ó 0° - Norte.

Un aspecto importante a considerar en los modelos de orientaciones derivados es el que hace referencia a los píxeles llanos (de pendiente 0, planos no inclinados). Normalmente son tratados de forma especial por los SIG en el cálculo del mapa de orientaciones y con frecuencia no toman ninguna orientación concreta -y todas a la vez-, asumiendo en el modelo derivado un valor que se sale del rango lógico de los grados de orientación señalados anteriormente. Este valor

correspondiente a todas las orientaciones es anómalo en relación a los grados de orientación (rango 0-360°) y pueden aparecer con el valor -1, o bien 99999, etc. dependiendo del programa SIG utilizado.

Dado que el análisis de la orientación se puede estimar tomando como referencia únicamente el MDT, se trata de una operación espacial de capa única y, dado que intervienen las celdas contiguas a la de referencia, se considera una operación espacial de vecindad inmediata.

### *3.1.3. Análisis de visibilidad*

A partir de un MDT un SIG con potencialidad de análisis raster es capaz de realizar análisis de visibilidad y, en definitiva, identificar si entre dos celdas existe conexión visual. Uno de los cálculos de visibilidad más extendidos es el de la cuenca de visibilidad, al que se une el "horizonte visual" como versión genérica y menos detallada del mismo.

La cuenca de visibilidad permite identificar el conjunto de localizaciones que se pueden divisar desde una posición concreta. Se trata de una operación espacial de vecindad extendida (analiza toda la superficie de referencia, salvo la acotación de radio que se establezca) y, según el software SIG utilizado, puede encontrarse en versiones de capa única o de capa múltiple.

La generación de cuencas de visibilidad permite realizar estudios de impacto visual, permitiendo una doble interpretación: identificar lo que se puede ver desde una posición (visor o emisor/receptor con función receptora) pero, también, conocer desde dónde se ve un determinado elemento si se ubica en cierto punto del territorio (visor con función de emisor). Por ello, el estudio de cuencas visuales puede ser determinante en la búsqueda de localizaciones óptimas de nuevas instalaciones o construcciones cuando minimizar el impacto visual sea importante.

La doble interpretación de los estudios de cuencas de visibilidad -lo que se ve desde una posición o desde donde se ve una posición, es decir, su impacto visual- se asemeja al concepto de inter-visibilidad.

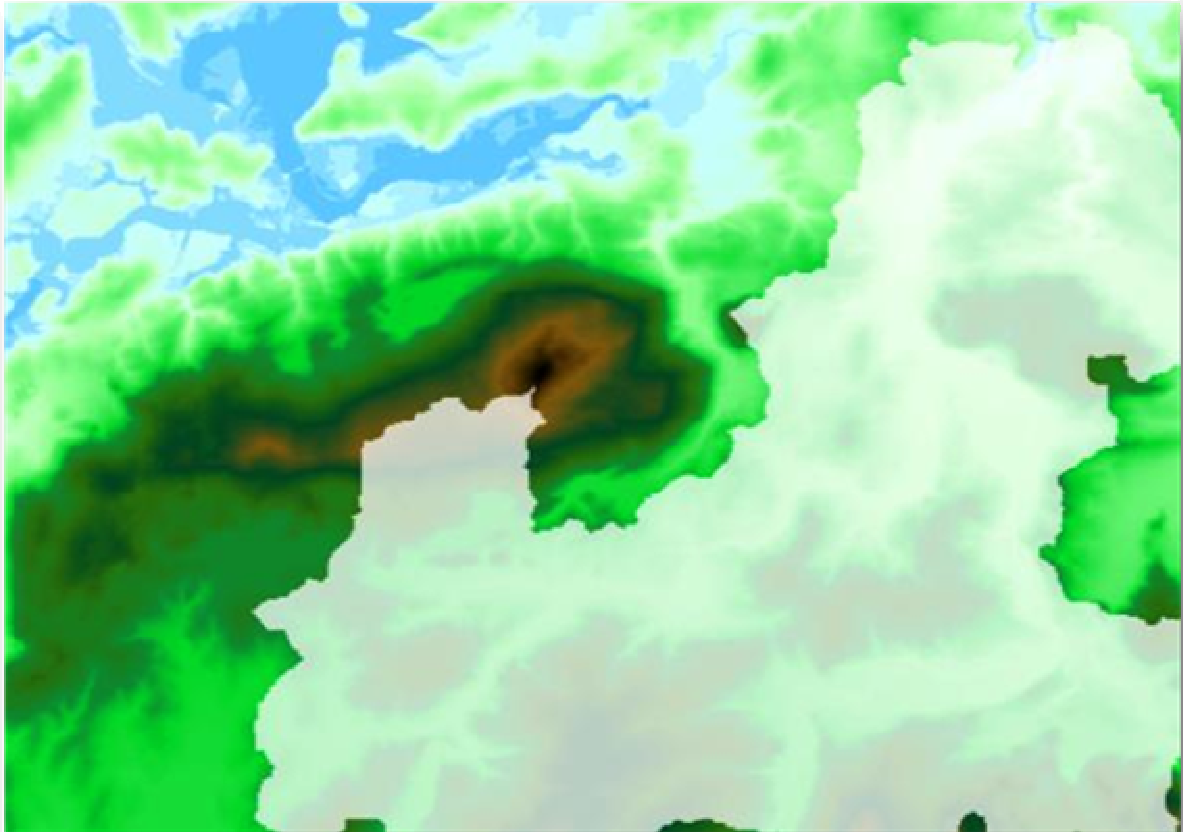
En este tipo de modelos, el sistema además del MDE se precisa de la ubicación del visor y de algunos parámetros que ayudan a perfilar el ámbito visible, tales como: la altura del emisor/receptor y el radio de alcance.

### *3.1.4. Análisis hidrológico*

Es habitual que los programas SIG incorporen un módulo de análisis hidrológicos diversos con varias operaciones espaciales orientadas a tal fin. Estas operaciones pueden variar de unos sistemas a otros (cálculo de cuenca de drenaje, acumulación de flujo, red de drenaje, etc.), de las cuales a continuación se presenta el cálculo de la cuenca de drenaje.

Por cuenca de drenaje (o cuenca vertiente) se entiende el conjunto de puntos del terreno cuyas líneas de flujo convergen en un punto, que suele hacerse coincidir con una ubicación singular: una desembocadura o una confluencia de ríos, etc. (Felicísimo). Con ello, el estudio de drenaje mediante SIG raster permite estimar a partir de las altitudes (e internamente en función de las orientaciones) el conjunto de píxeles que vierten sus aguas a un elemento común.

Se trata de una operación espacial de vecindad inmediata y puede presentarse en variante de capa única o de capa múltiple, según los objetivos del análisis de drenaje y según el programa SIG empleado. En cualquier caso, todo análisis de cuencas vertientes incorpora como capa de entrada imprescindible un MDE.



**Figura 4. Ejemplo de visualización de cuenca de drenaje sobre MDE**

Fuente: IGN, Modelo Digital del Terreno (25). H-35. En: CNIG - Centro de Descargas. Elaboración propia.

### **3.2. Mediciones y cálculo de estadísticas espaciales**

El análisis de superficies mediante herramientas SIG es una operación que se resuelve con rapidez y que resulta muy funcional. No obstante, existen importantes diferencias entre las maneras de operar de un SIG raster y un vectorial.

#### **3.2.1. Estimación de estadísticos centrográficos**

Se trata de los estadísticos de centralidad y dispersión llevados al ámbito espacial. Entre los estadísticos posibles destacan dos medidas de centralidad: el centro medio y el centro mediano.

El centro medio se define como la media aritmética de las coordenadas X e Y de todos los píxeles que integran una determinada zona o categoría de la leyenda. Su valor implica, por tanto, la obtención de una localización puntual a partir de un par de coordenadas que se traducen en un archivo vectorial. Con frecuencia lleva asociadas medidas complementarias de dispersión, como la desviación de las distancias o el radio estándar (análogo espacial directo de la desviación estándar) que informan del grado de dispersión de un hecho geográfico respecto a su centro medio.

Por su parte, el centro mediano es la traducción espacial de la. *"Al igual que el centro medio, el centro mediano es también un punto. En este caso sus coordenadas son las medianas de las de los puntos analizados en cada eje"* (Olaya, 2011: 261).

#### **3.2.2. Autocorrelación espacial**

La autocorrelación permite analizar en qué grado una variable medida en diferentes puntos del territorio se relaciona con ella misma (Bosque, 1992: 191). Esta definición enlaza, con la llamada



Primera ley de la Geografía (Tobler, 1959) por la que los elementos próximos en el espacio tienden a parecerse más que los que se encuentran alejados entre sí.

### *3.2.3. Correlación y regresión espacial*

En estadística espacial mediante SIG cobran especial importancia los conceptos de correlación y regresión, que en términos generales hacen referencia al conjunto de métodos que permiten comparar dos o más conjuntos de datos (en nuestro caso mapas, capas o variables espaciales) y sirven para determinar la fuerza de la asociación entre las variables de partida, indicando el tipo de relación existente.

Es bien sabido que uno de los estadísticos de correlación más extendido es el coeficiente de correlación de Pearson, que permite medir el grado y tipo de asociación lineal entre dos variables; así, sólo se genera un elevado coeficiente de correlación cuando la relación entre las variables es lineal.

El método de regresión mediante un SIG permite estimar a partir del mapa de la variable X (independiente) y del mapa de la variable Y (dependiente) una ecuación que permitiría despejar cual sería el valor Y de un pixel para el que se conoce el valor X.

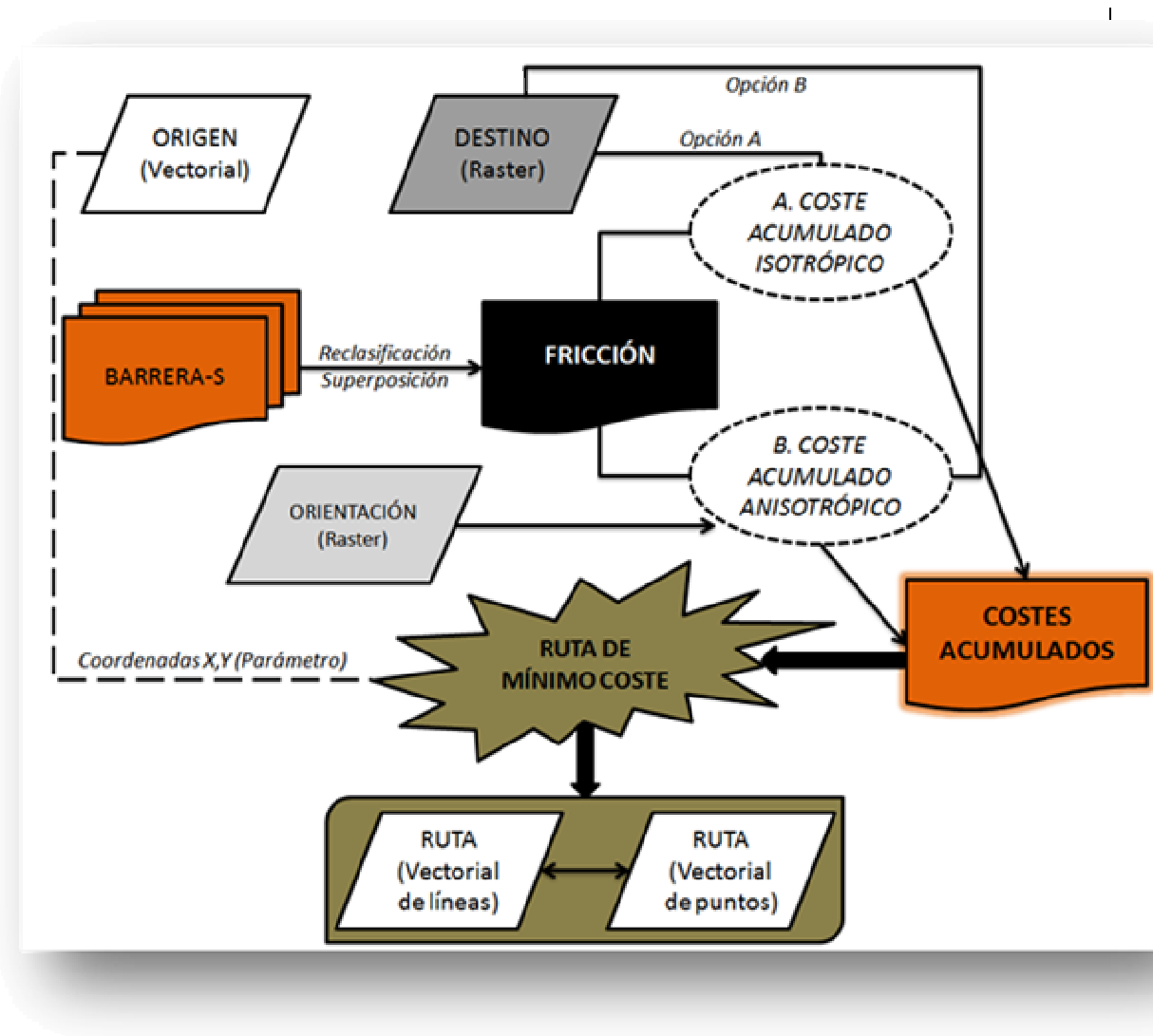
### **3.3. Análisis de distancias y cálculo de rutas óptimas**

En un análisis de distancia raster se miden las distancias euclidianas (en línea recta), como el vuelo de un pájaro, considerando plenamente regular la superficie abordada. Refleja la distancia entre cada celda de referencia y las más cercanas de un conjunto de celdas objetivo. Se trata de una operación espacial de capa única y vecindad extendida, en la que el resultado generado es una capa raster en la que las celdas han asumido el valor de distancia a un elemento concreto de referencia. Estas distancias se expresan en las unidades de referencia (en las que está documentada la imagen de entrada).

Una variante de los análisis de distancias son los corredores espaciales, centrados en la proximidad a una o varias localizaciones. Así, las operaciones de *buffering* permiten definir zonas a partir de un elemento o conjunto de elementos de referencia.

Finalmente, una de las operaciones SIG destacadas en relación a las distancias es el cálculo de rutas óptimas, las cuales en el modelo raster se basan en el concepto de "caminos de menor coste". Este término condiciona el desarrollo aplicado de localización de rutas óptimas y hace necesario contemplar los siguientes elementos asociados: barreras, superficies de fricción y análisis de costes de desplazamiento, función que enlaza directamente con el concepto inicialmente planteado de "caminos de mínimo coste" que se materializa en determinar la ruta de menor coste entre dos puntos de referencia partir de una capa raster de base que marca el coste de desplazamiento acumulado.





**Figura 5. Organigrama metodológico para el cálculo de rutas óptimas**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Modelización cartográfica

El modelado cartográfico constituye una de las funciones clave de los SIG y, en definitiva, su verdadera potencialidad -más allá de sus funciones básicas de almacenamiento, consulta y visualización de la información-; tanto es así, que gracias al diseño y desarrollo de modelos cartográficos es posible dar respuesta en tiempo real a necesidades o problemas particulares de componente espacial. Desde una perspectiva territorial, la obtención de resultados válidos obliga con frecuencia al usuario a encadenar diferentes procedimientos de análisis. En esta estrategia intervienen habitualmente varios niveles de información (relieve, usos del suelo, comunicaciones, etc.), así como diversos operadores analíticos que actúan sobre los datos. Ambos elementos -capas y operadores- interactúan en los modelos cartográficos para dar soluciones adecuadas a cada tipo de problema planteado.

Muchos de los conceptos comúnmente asociados a los SIG para evocar procesos de análisis cartográfico han sido de gran utilidad en la resolución de problemas espaciales y en la toma de decisiones desde hace varias décadas. En este sentido, es complicado fijar los orígenes del modelado cartográfico ya que su génesis es producto de la combinación de sólidas ideas y métodos de trabajo que finalmente se integran para facilitar su desarrollo en lo que se ha denominado genéricamente "modelos cartográficos" pero también se ha llamado "álgebra de mapas" (Tomlin, 1983) o, incluso, "matemáticas con mapas" (Berry, 1987). Su mayor interés radica en la posibilidad que se le ofrece al usuario de organizar y estructurar los datos y las operaciones para generar nuevas capas que integran múltiples condiciones y procedimientos previos.

### 3.5. Evaluación multicriterio y lógica difusa

Se trata de un método muy difundido por su versatilidad y sus amplias posibilidades de aplicación en la toma de decisiones espaciales. Por campo de aplicación puede compararse con las técnicas de superposición; si bien la evaluación multicriterio cuenta con algunas ventajas, entre las que destacan el reconocimiento de grados de adecuación intermedios y la posibilidad de otorgar importancias relativas a las variables que intervienen en la búsqueda de localizaciones óptimas.

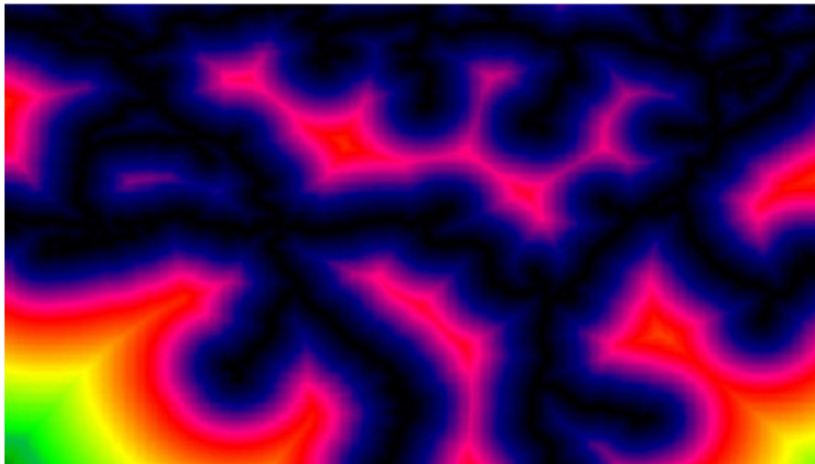
Mediante una evaluación multicriterio, las capas o niveles con los criterios que definen la idoneidad son combinadas para generar un mapa de capacidad de acogida, a partir del cual se realizará la selección final (lo que se denomina normalmente una solución multicriterio).

En la evaluación multicriterio los condicionantes que actúan como factor cuentan con la particularidad de presentar un comportamiento graduado entre lo que es óptimo y la adecuación nula, basado en la "lógica difusa". Con esta filosofía, se superan las limitaciones de la "lógica binaria" de las superposiciones *booleanas* y la realidad ya no se interpreta de forma categórica como 0 ó 1, sino que entre el óptimo de adecuación (1) y la nula adecuación (0) existen escalas intermedias de adecuación.

Otro concepto fundamental asociado a la evaluación multicriterio es el de peso o importancia relativa, al otorgarse un peso para cada factor, con lo que un factor con un peso elevado puede compensar por la baja idoneidad en otros factores que tienen pesos más bajos.

**Factor original:**

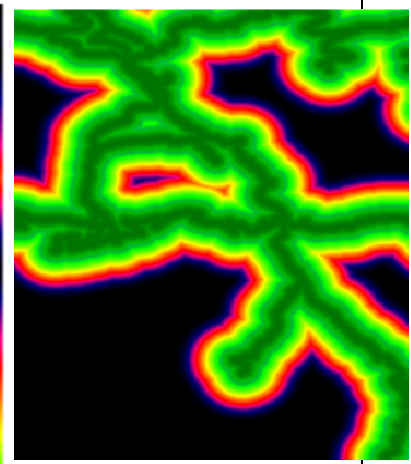
Mapa de distancias a las carreteras



La capa tiene valores de distancia en metros a las vías de comunicación desde color negro (zonas muy próximas a las carreteras) hasta los sectores en color verde (extremo inferior de la capa) que están alejadas, a unos 8 Km.

**Factor preparado (difuso):**

Adecuación según proximidad a las carreteras



El mapa de conjuntos difusos deja un sector zonas a más de 2Km de distancia a las carreteras a menos de 2Km entre 1 y 0.

**Figura 6. Ejemplo de conversión de un factor en su preparado difuso para el proceso de evaluación multicriterio**

Fuente: Elaboración propia.

## 4. Conclusiones

A lo largo del breve recorrido que este trabajo presenta sobre el potencial analítico de los SIG se han ido planteando diferentes productos cartográficos, estadísticos y gráficos de las operaciones de análisis espacial mediante SIG, especialmente centradas en el modelo raster, por la adecuación de su estructura de malla para la aplicación de los distintos algoritmos y procedimientos de cálculo.

Las capas resultantes pueden abrir un escenario de límites prácticamente infinitos, de forma que con estos sistemas los usuarios de cartografía digital son en cierto modo productores de modelos y capas derivadas que podrían tener -partiendo de un mismo mapa de base- características muy variadas en función de la operación aplicada, de los parámetros dados a la misma, de las adaptaciones de proyección, recorte, etc.

Estos productos derivados, de utilidad en primera instancia para el usuario que lo genera, podrían considerarse a su vez base para otros análisis posteriores que podrían ser precisados por otros usuarios; si bien, con frecuencia, los resultados SIG a pesar de su valor y amplia utilidad suelen quedar almacenados en local o en pequeñas redes internas en organizaciones. Un reto a plantear sería la difusión, sistematización y acceso a este tipo de productos cartográficos, teniendo en consideración todas las cuestiones legales, formales de propiedad y autoría, así como de almacenamiento y distribución que ello conllevaría.

### Nota

1. Tal como señala el Artículo 1 (apartado 1) de la orden FOM/956/2008, los productos que se consideran EGRN son: "*Información de las bases de datos de las redes nacionales geodésicas; Información de las bases de datos de las redes nacionales de nivelaciones; Cuadrículas cartográficas referidas al Sistema Oficial de Coordenadas - Información de la base de datos del Nomenclátor Geográfico Básico de España - Información de la base de datos y archivos asociados de las Delimitaciones territoriales - Información de las bases de datos del Inventario Nacional de Referencias Geográficas Municipales*".

### Bibliografía

- BRENT, G., ALPERIN, J.P. y KERRIGAN, S. (2008): "El uso de Internet con software libre y fuentes espaciales abiertas para colaborar en la toma de decisiones", GeoFocus (Informes y comentarios), nº 8, p.23-42.
- BOE, Boletín Oficial del Estado. Núm. 85, Martes 8 abril 2008
- BOSQUE SENDRA, J. (1992): Sistemas de Información Geográfica. Madrid, Rialp.
- FELICÍSIMO, A.M.: Glosario de términos usados en el trabajo con sistemas de información geográfica. En: [www.etsimo.uniovi.es/~feli/pdf/glosario.pdf](http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/pdf/glosario.pdf) [Agosto, 2011]
- GILAVERT, J. y PUIG, C. (2008): "Estudio comparativo de herramientas SIG Libres aplicadas a contextos de cooperación al desarrollo". II Jornadas de SIG Libre.  
< [http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/10078/1/GilavertPuig\\_EstudioComparativo.pdf](http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/10078/1/GilavertPuig_EstudioComparativo.pdf) > [Agosto, 2012]
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J. y GOULD, M. (1994): SIG: Sistemas de Información Geográfica. Madrid, Síntesis.
- LONGLEY, P., GOODCHILD M.F., MAGUIRRE, D.J., RHIND, D.W. (2011): Geographic Information Systems and Science (3rd Edition). Chichester, John Wiley & Sons, cop.
- MASSÓ, I.; TORRES, M.; VALENZUELA, A. (2010): "La geoinformación: una necesidad creciente". Mapping Interactivo - Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. Octubre-Noviembre. [Noviembre, 2010]
- MORENO JIMÉNEZ, A. (1999): Población y espacio en la Comunidad de Madrid. Análisis y aplicaciones a nivel microgeográfico. Madrid, Consejería de Hacienda.
- MORENO JIMÉNEZ, A. (2007): Sistemas y Análisis de la Información Geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS (2ª Edición). Madrid, Ra-Ma.
- OLAYA, V. (2011): Sistemas de Información Geográfica. (Versión 1.0 - Rev. 24/03/2011). [Enero, 2012]
- OLIVARES, J.M. y VIRGÓS, L.I. (2006): "La cartografía catastral como servicio Web". Revista Catastro CT, Abril-2006. Pp. 26-40.
- RODRÍGUEZ, A.; ABAD, P.; ALONSO, A. y SÁNCHEZ, A. (2006): "La infraestructura de datos espaciales de España (IDEE): un proyecto colectivo y globalizado". En: GRANELL, Carlos y GOULD, Michael -Eds.- (2006): Avances en las Infraestructuras de Datos Espaciales. Publicacions de la Universitat Jaume I. Castelló de la Plana. Pp 15-30.
- SHERMAN, Gary E. (2008): Desktop GIS: Mapping the planet with open source tools. The Pragmatic Bookshelf.
- TOBLER, W.R. (1959): "Automation and Cartography". Geographical Review, pp. 526-534.
- TOMLIN, C.D. (1983): Digital Cartographic Modelling Techniques in Environmental Planning. PhD Thesis. Connecticut, School of Forestry and Environmental Studies. Yale University.